

Розрахунки витрат оборотної води першої категорії цукрового заводу та заходи по стабілізації її якості

А.І. Сорокін, старший викладач кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

К.О. Штангесєв, завідувач кафедри виробництва цукру та сахаридів, Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

Наведено основи розрахунків теплових та масових балансів оборотних систем вод 1 категорії. Показано позитивний вплив технологічного та теплотехнічного удосконалення цукрового виробництва на роботу оборотної системи вод 1 категорії.

Ключові слова: оборотна вода, водоспоживання, удосконалення, якісні показники.

The basics of calculations of thermal and mass balances of circulating water systems of the 1st category are presented. The positive influence of technological and heat engineering improvement of sugar production on the work of the circulating system of waters of the 1st category is shown.

Keywords: recycled water, water use, improvement, qualitative indicators.

Оборотна система вод I категорії головного корпусу є однією із важливих оборотних систем водопостачання цукрового заводу. Ця система забезпечує охолоджувальною водою такі важливі споживачі води бурякоцукрового виробництва як вакуум-конденсаційні установки для уварювання утфелів, вакуум-конденсаційну установку вакуум-фільтрів, забезпечує водою охолодження утфелю III кристалізації, субліматорів сіркоспалювальних печей, вакуум-насосів та насосно-компресорних агрегатів.

Витрати охолоджувальної води на вказані вище споживачі розраховуються на основі теплового балансу роботи кожного із споживачів та згідно з паспортними даними. Так, якщо на заводі необхідно одержати барометричну воду (суміш свіжої води та конденсату утфельної пари), в якості живильної води для дифузійної установки, то для цього використовують так званий попередній конденсатор або відповідну секцію конденсатору, в яку направляють свіжу воду, що конденсує частину утфельної пари і відводиться в окрему секцію барометричного ящика.

Температура цієї води може наближатися до температури утфельної пари (в сучасних ВКУ не догрів води до температури пари на рівні 3-5 °C), а її кількість відповідає потребам дифузійної установки.

Витрати свіжої води на попередній конденсатор визначається з урахуванням конденсації утфельної пари, що витрачається на її нагрів [1,2]:

$$W_{\text{св}} = d_{11} \frac{(i_{\text{п}} - i_{\text{обв}})}{i_{\text{обв}} - i_{\text{св}}}$$

де:

d_{11} – кількість утфельної пари, % до маси буряків, яка конденсується в попередньому конденсаторі;

$i_{\text{п}}$ – тепловміст (ентальпія) утфельної пари,

$i_{\text{св}}$ – ентальпія свіжої води,

$i_{\text{обв}}$ – ентальпія барометричної води.

Для конденсації утфельної пари із вакуум-апаратів I кристалізації та випарної установки в основному конденсаторі, подається охолоджена оборотна вода. Витрати цієї води визначають на основі теплового балансу основного конденсатора:

$$W_{\text{о1}} = d_{12} \frac{(i_{\text{п}} - i''_{\text{об}})}{i''_{\text{об}} - i'_{\text{об}}}$$

де:

d_{12} – витрата утфельної пари, яка надходить в основний конденсатор;

$i'_{\text{об}}$ – температура оборотної води, яка поступає на конденсацію, °C;

$i''_{\text{об}}$ – температура оборотної води після конденсатора, °C;

На сучасних цукрових заводах згідно з вимо-

гами технології уварювання утфелів II-ої та III-ї кристалізації під більш глибоким вакуумом конденсацію утфельної пари проводять оборотною водою в іншому конденсаторі, обладнаному окремою вакуумною системою.

Витрати оборотної води на конденсатор вакуум-апаратів II-ої та III-ї кристалізації розраховують на основі теплового балансу, а саме:

$$W_{o2} = d_{23} \frac{(i_{п2} - i''_{o62})}{i''_{o62} - i'_{o6}}$$

де:

d_{23} – витрати утфельної пари із вакуум-апаратів II-ої і III-ї кристалізації.

На цукрових заводах, де використовують вакуум-фільтри для фільтрації соку I сатурації, витрати води (оборотної), яка поступає на спеціальний конденсатор для конденсації пари із вакуум-фільтрів, визначається також на основі теплового балансу по нижче приведеній залежності [1, 2]:

$$W_{oф} = d_{ф} \frac{(i_{пф} - i''_{o6ф})}{i''_{o6ф} - i'_{o6}}$$

де:

$d_{ф}$ – кількість пари, яка поступає із вакуум-фільтрів, на конденсатор $d_{ф}$ (приймається згідно з продуктовим розрахунком на заводі);

Оборотна вода може також використовуватися для охолодження утфелю III-ї кристалізації в мішалках-кристалізаторах, які обладнані всередині поверхнею теплообміну, через яку подається охолоджувальна вода. При цьому утфель охолоджується, а вода нагрівається. Згідно до вимог технології температура утфелю при охолодженні повинна не перевищувати 40 °C. На основі теплового балансу охолодження утфелю III-ї кристалізації розраховують витрати оборотної води на його охолодження по наступній залежності [1, 2]:

$$W_{oy} = \frac{G_y \times c_y \times (t_{y1} - i_{y2})}{i''_{o6y} - i'_{o6}}$$

де:

G_y – кількість утфелю III-ї кристалізації після вакуум-апаратів;

t_{y1} – температура утфелю III-ї кристалізації після вакуум-апаратів, °C;

i_{y2} – температура утфелю III-ї кристалізації після охолодження в мішалках, °C, (нормативно $i_{y2} = 40$ °C)

c_y – теплоємність утфелю;

i'_{o6} – температура оборотної води, що поступає на охолодження утфелю;

i''_{o6y} – температура оборотної води на виході із мішалки - кристалізатора.

Охолоджена оборотна вода використовується

як також на охолодження сублиматорів сіркоспалювальних печей для одержання сірчистого газу, який використовують для сульфитації живильної води на дифузії, сульфитації соку після II-ої сатурації та сиропу з випарної установки. Витрати охолодженої оборотної води на сублиматори сіркоспалювальних печей розраховують по емпіричній залежності в залежності від витрат сірки на виробництво в % до маси буряків (нормативні витрати сірки: на сульфитацію соку - 0,015; сиропу - 0,01; живильної води - 0,015) та температури охолодженої води, що поступає на сублиматори і температури води, яка відводиться із сублиматорів. Емпірична залежність, по якій розраховують витрати води на охолодження сублиматорів приводиться нижче [1, 2]:

$$W_{oc} = d_{ф} \frac{2500 \times S}{i''_{o6c} - i'_{o6}}$$

де:

2500 - теплота згорання 1 кг чистої сірки, ккал/кг;

S- загальні витрати сірки в виробництві, % до маси буряків;

i'_{o6} – ентальпія охолоджувальної води, яка поступає на сублиматори;

i''_{o6c} – ентальпія води, яка відводиться із сублиматорів.

Окрім використання оборотної охолоджувальної води на процеси конденсації і охолодження її також використовують на ущільнення сальників відцентрових насосів, для роботи водокільцевих вакуум-насосів конденсаційних установок та компресорів сатураційного газу. Витрати води на ці потреби розраховують згідно з паспортними даними встановленого на заводі обладнання. Згідно з даними паспортизації цукрових заводів витрати води на це обладнання витрачається в межах 48-55% до маси буряків.

Для зручності виконання розрахунків за кількістю охолодженої оборотної води, яка споживається всіма споживачами цієї води на виробництві, а також за кількістю води, яка відводиться від цих споживачів складаємо таблиці з усіма вихідними даними і даними, які одержані в результаті розрахунків для умов цукрових заводів старої технічної бази та цукрових заводів сучасного типу.

Вихідні умови для розрахунків обох варіантів наведено в **таблиці 1**.

Тобто, удосконалення технологічного процесу та теплової ефективності цукрового виробництва позитивно впливає на зменшення водоспоживання, зменшуються скиди води та майже вдвічі може зменшитися теплове та гідравлічне навантаження охолоджуючих систем.

Таблиця 1

Параметри	Для заводу з технічною базою	
	старою	сучасною
Температура річкової води, °С	15,00	15,00
Температура оборотної води, °С	30,00	30,00
Температура утфельної пари В/А I кристалізації та ВУ, °С	58,00	58,00
Температура утфельної пари В/А II та III кристалізації, °С	55,00	55,00
Температура пари на конденсатор вакуум-фільтрів, °С	58,00	*
Недогрів барометричної води, °С	8,00	**
Витрата утфельної пари із в/а I кр, %до м.б.	15,0	11,0
Витрата пари із ВУ, % до м.б.	2,0	1,0
Недогрів оборотної води в конденсаторі I кристалізації, °С	10,00	5
Недогрів оборотної води в конденсаторі вакуум-апаратів II та III кр., °С	12,00	8
Витрата барометричної води на дифузію, % до м.б.	100,00	**
Надлишок конденсатів,% до м.б.	78,25	28,25
Температура надлишкових конденсатів, °С	90,00	70,00

*) використовуються камерні фільтри.

**) не застосовується.

Таблиця 2

Зведені результати розрахунку балансу схем водопостачання

№ пп	Споживачі води	Джерело води	Витрата, % до м.б.	
			Стара тех-нічна база	Сучасна тех-нічна база
1	Барометрична вода/Відкачка, % до м.б.	технічна (водойма)	100,00	110,00
2	Основний конденсатор В/А I кристалізації та ВУ	оборотна	297,77	181,93
3	Конденсатор В/А II та III кристалізації	оборотна	117,29	96,28
4	Конденсатор вакуум-фільтрів	оборотна	67,51	0,00
5	Мішалка утфелю останньої кристалізації (охолодження)	технічна (водойма)	4,88	4,88
6	Субліматори сіркоспалювальних печей	технічна (водойма)	15,00	15,00
7	Ущільнення сальників відцентрових насосів	технічна (водойма)	2,00	2,00
8	Вакуум-насоси	технічна (водойма)	29,60	29,60
9	Газові насоси	технічна (водойма)	14,40	14,40
10	Внутризаводські потреби	технічна (водойма)	2,00	2,00

Розрахунки для цих умов дають такі результати:

Таблиця 3

Показник	Стара технічна база	Сучасна технічна база
Загальні витрати технічної води, % до мб	162,11	67,88
Загальні витрати оборотної води, % до мб	482,56	281,85
Температура оборотної води перед град.	52,04	50,95
Втрата води у градирні	26,53	17,26
Надлишок оборотної води	74,22	26,49
Теплове навантаження градирні, Гкал/год. *	15,91	8,34

*)Для заводу продуктивністю 3000 тонн/добу.

Передача тепла в теплообмінних процесах відбувається як шляхом безпосереднього контакту охолоджувальної води з теплоносієм (парою), так і шляхом передачі тепла через стінку. У якості охолоджувальної води для теплообмінних процесів використовують оборотну воду після її охолодження і знезараження, також незначну кількість

свіжої технічної води із джерела водопостачання, яка компенсує втрати оборотної води в системі.

Температура води, що використовується в бурякоцукровому виробництві для охолодження, за нормативами не повинна перевищувати 22-23°С, тому охолоджувачі оборотної води (градирні, бризкальні басейни, ставки-охолоджувачі) розра-

ховують, виходячи із необхідності охолодити нагріту оборотну воду, до вказаної температури в найбільш теплий період сезону переробки цукрової сировини.

До якості води, яка направляється на охолодження, пред'являють вимоги щодо вмісту завислих речовин в охолоджувальній воді. Не допускається вміст завислих речовин, гідравлічна крупність яких перевищує 0,05 мм/с. Для теплообмінних апаратів плівкового типу вміст завислих речовин з гідравлічною крупністю 0,05 мм/с не повинен перевищувати концентрацію 200 мг/дм³, а для апаратів форсуночного типу -150 мг/дм³.

В охолоджувальній воді не повинні міститися мінеральні домішки (пісок, гравій), що сприяє забивання трубопроводів і теплообмінної апаратури. Вміст завислих речовин з гідравлічною крупністю менше ніж 0,05 мм/с є також небажаним, оскільки може призвести до порушення (зниження) інтенсивності теплообміну в результаті їх відкладання на стінках.

Однією з основних вимог, що ставиться до води, яка використовується для охолодження в бурякоцукровому виробництві, є вимога щодо її термостабільності, тобто з охолоджувальної води при її нагріванні не повинні відкладатися накипи на внутрішніх стінках трубопроводів та на внутрішній поверхні теплообмінних апаратів. Сольові відкладання (накипи) знижують теплопередачу та підвищують гідравлічний опір і, відповідно, збільшують витрати електроенергії на подачу води.

Термостабільність оборотної води не повинна перевищувати 3-х балів згідно з 6-ти бальною шкалою термостабільності води, тобто швидкість утворення сольових відкладень у теплообмінних апаратах і трубопроводах не повинна бути 0,23 г/(м²год.), або 0,08 мм/міс. При необхідності воду, яку додають в оборотну систему, або всю оборотну воду піддають спеціальній обробці.

Оборотна вода не повинна містити органічні речовини в особливості ті, які при аерації при температурах 24-35 °С призводять до розвитку біологічних обростань, які складаються із бактерій, грибків і водоростей.

Біологічні обростання негативно впливають на умови теплообміну і призводять до необхідності очищення поверхні і додаткової витрати електроенергії на подачу охолоджувального повітря. Допустима швидкість розвитку біологічних обростань водорозподільних і зрошувальних систем градижень в оборотній воді не повинна перевищувати 0,07 г/(м².год.), тобто бути допустимо біоген-

ною. При перевищенні цієї швидкості розвитку біологічних обростань необхідно застосувати антисептики.

Охолоджувальна оборотна вода не повинна викликати корозію металу, з яким вона контактує. Згідно з оцінкою ступеня агресивного впливу тієї чи іншої води на незахищений метал, охолоджувальна вода повинна мати слабкий або середній ступінь агресивності зі швидкістю корозії в межах 0,1-0,2 г/(м².год.).

Важливими вимогами до якості води, яку використовують для охолодження і конденсації вторинної пари у бурякоцукровому виробництві є її чистота в бактеріальному відношенні. Існує тісний взаємозв'язок між інфікуванням води, яка споживається у виробництві, і втратами цукру, викликаних життєдіяльністю мікроорганізмів.

Оборотна охолоджувальна вода в бурякоцукровому виробництві повинна також відповідати санітарним вимогам, тобто не повинна бути джерелом інфікування людей, не виділяти неприємні запахи, а також не спінюватися, що негативно впливає на умови обслуговування та працездатність персоналу.

Висновки

Удосконалення технологічних процесів цукрового виробництва та впровадження енергозберігаючих заходів зменшує гідравлічне та теплове навантаження на оборотну систему вод першої категорії.

Також зменшуються питомі величини водоспоживання та скидів води.

Все це дозволяє суттєво збільшувати продуктивність цукрового заводу без заміни обладнання оборотної системи вод першої категорії.

Ефективність роботи оборотної системи вод першої категорії значною мірою залежить від якості води в системі. Погіршення фізико-хімічних та біологічних показників оборотної води негативно вплине на ефективність та довговічність роботи обладнання оборотної системи вод першої категорії.

Список використаних джерел

1. Справочник сахаринка, т.1. М.: «Пищевая промышленность», 1965.– 699 с.
2. Спичак В.В. Водное хозяйство сахарных заводов.//В.В. Спичак, В.Н. Базлов, П.А. Ананьева, Т.В. Поливанова.– Курск, ГНУ РНИИСП, 2005.–167 с.
3. Бугаенко И.Ф. Расчет продуктов при переработке сахарной свеклы.– М.: ООО «Телер», 2003.– 18 с.